

# Bi-2212 薄膜における不可逆磁界

和田浩志, 小田部荘司, 松下照男, 安田敬 内山哲治, 井口家成 王鎮  
(九工大・情報工) (東工大・理) (通総研・関西)

**はじめに**  $c$  軸に平行な磁界下における Bi-2223 超電導体において、薄膜の不可逆磁界はバルク試料よりも低いことが知られている。これは磁束クリープ理論によって説明されるように薄膜では磁束バンドルサイズが膜厚で制限されることを示すとともに、2次元的な超電導体でさえも磁束線が長さ方向に磁氣的に強く結合していることを示している。そして、磁束線の縦方向弾性相関距離が  $\text{CuO}_2$  層間距離よりとても長いことと矛盾しない。この推測はパンケーキ磁束モデルとかなり異なる。以上の推論を確かめるために最も2次元的な Bi-2212 超電導体において不可逆磁界の厚さ依存性を直接調べた。

**測定** 今回の実験ではレーザーアブレーション法を用いて作製した厚さの異なる4つの Bi-2212 薄膜を用いた。厚さはそれぞれ約 0.1, 0.2, 0.5, 1.0  $\mu\text{m}$  で、それぞれの臨界温度  $T_c$  はそれぞれ 60, 72, 79, 82 K である。 $c$  軸は試料の広い面に垂直に配向している。 $c$  軸方向に直流磁界を印加し、SQUID 磁気力計を用いて観測した磁気モーメントから臨界電流密度  $J_c$  を求めた。また、 $J_c$  が  $1.0 \times 10^6 \text{ A/m}^2$  に減少する磁界で不可逆磁界を決定した。

**結果及び検討** 図1に不可逆磁界の温度依存性を示す。各試料で臨界温度が異なるため各臨界温度で規格化している。全ての試料の不可逆磁界は温度の増加とともに減少している。ここで不可逆磁界はピンニングパラメータなどにも依存しているため一概に厚い方は大きくなっているというわけではない。そこで、図2に  $T/T_c = 0.42$  におけるそれぞれの試料の不可逆磁界の規格化した厚さ依存性を示す。ここでピンニングパラメータの違いによって縦方向磁束バンドルサイズ  $L$  や不可逆磁界の値が異なるため、 $L$  と不可逆磁界の飽和した値  $B_{i\text{max}}$  で規格化するものとした。不可逆磁界の厚さ依存性の数値解析では、各試料についてそのピンニングパラメータを不変とし、仮想的に厚みのみを変化させて磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行った。各線はその予想結果を示す。

不可逆磁界は、通常超電導体の厚さ  $d$  の増加とともに増加し、 $d$  が縦方向磁束バンドルサイズ  $L$  より大きくなると飽和する傾向にある。実験結果は 0.2  $\mu\text{m}$  の試料を除きほぼ同一の傾向となり不可逆磁界は厚みに依存していることがわかる。0.2  $\mu\text{m}$  の試料については試料のドーピング量がオーバードープ傾向にあるため他の試料とは異なるものとなったのと考えられている。以上の結果はパンケーキ磁束モデルの予想と矛盾する。すなわち、磁束線は最も2次元的な Bi-2212 超電導体においてでさえも長さ方向に強く結合しており、厚み依存性をもつと結論される。

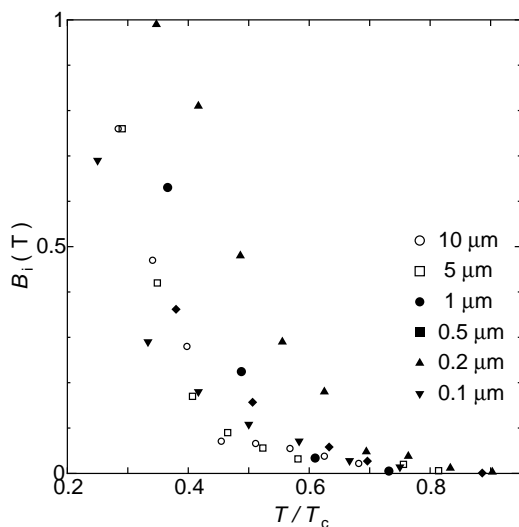


図1 各試料の不可逆磁界の規格化温度依存性。

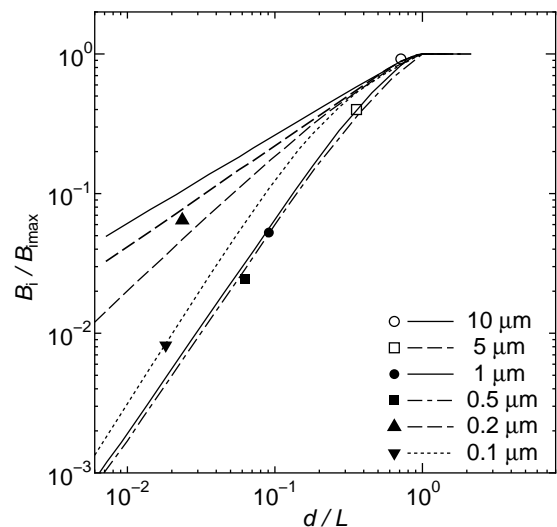


図2 各試料の不可逆磁界の規格化厚み依存性。線は理論の予想を示す。